VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

2 Materiale şi metode de precomprimare

2.1 Betonul

Caracteristicile cerute unui beton pentru realizarea elementelor din beton precomprimat sunt următoarele :

- Foarte bună r4ezistenţă iniţială (la 24 oer sau la trei zile) şi pe termen lung (28 de zile sau mai mult) ;
- O bună rezistenţă la agenţi agresivi ;
- Deformaţii instantanee şi de durată (curgere lentă) cât mai reduse ;
- O lucrabilitate cât mai bună pentru punerea în operă corectă.

Pentru a realiza aceste performanţe, trebuie utilizat un ciment cu rezistenţa de 45 sau 55 MPa, cu întărire rapidă şi un dozaj între 400 şi 500 kg/m^3. Raportul apă/ciment trebuie să fie redus şi este recomandată utilizarea aditivilor reducători de apă (superplastifianţi). Betoanele rezultate sunt de clasă cel puţin Bc 35 (C30/35).

Pentru proprietăţile generale ale betonului, vezi capitolul 2 din cursul « Béton armé »[4].

2.2 Armături pentru beton precomprimat

Armăturile pentru beton precomprimat trebuie să aibă rezistenţă înaltă şi relaxare redusă. Într-adevăr, pentru oţeluri la care limita elastică este de ordinul a 200…400 MPa, pierderile de tensiune pot reprezenta între 50% şi 80% din limita elastică, în timp ce pentru oţelurile cu limită elastică ridicată (1400 la 1600 MPa) ele nu reprezintă decât 15-20%.

Relaxarea armăturilor reprezintă o sursă importantă de pierderi de tensiune. De aceea a fost pusă la punct fabricarea de armături cu relaxare redusă. Dacă la armăturile cu relaxare normală, relaxarea la 1000 de ore reprezintă 8-12% din efortul iniţial, la cele cu relaxare redusă aceasta este de numai 2-5%.

După normele româneşti STAS 10107/0-90, se pot folosi mai multe tipuri de armături : sârme netede (SBP), sârme amprentate (SBPA), toroane (TBP) sau bare profilate (PC 90). Sârmele pot fi grupate în împletituri de 3 sârme, toroane (din 7 sârme) sau fascicule din sârme paralele (figures 2.1 et 2.2).

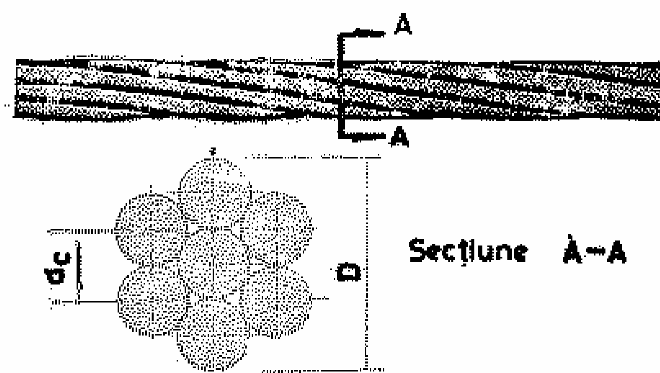


Figura 2.1 – Toroane pentru beton precomprimat : vedere laterală şi secţiune transversală

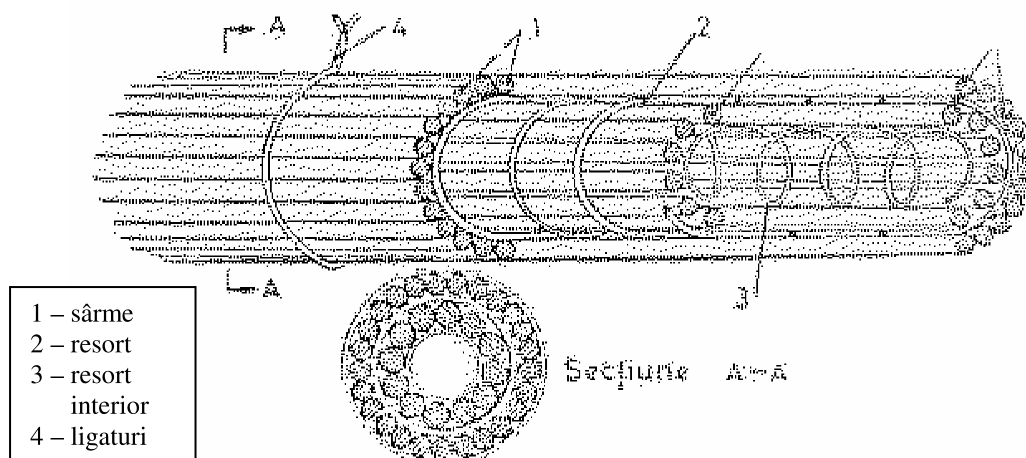


Figura 2.2 – Fascicule compuse din sârme paralele (STAS 10107/0-90)
Vedere şi secțiune pentru un fascicul compus din 36 sârmedispuse pe 2 rânduri

Armăturile pentru beton precomprimat nu au palier plastic (figura 2.3). Modelul analitic, după STAS 10107/0-90, este este dat de ecuația următoare :

pentru $\sigma_p \leq 0{,}6\, R_p$ $$\varepsilon_p = \frac{\sigma_p}{E_p} \qquad (2.1a)$$

pentru $\sigma_p > 0{,}6\, R_p$ $$\varepsilon_p = \frac{\sigma_p}{E_p} + \left(\frac{\sigma_p}{R_p} - 0{,}6\right)^5 \qquad (2.1b)$$

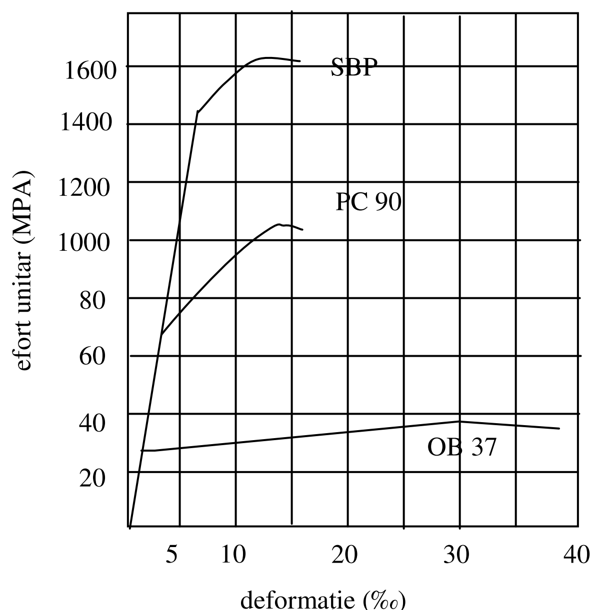


Figura 2.3 – Curbe caracteristice ale oțelurilor SBP, PC 90 et OB 37

Limita convențională de proporționalitate $R_{0,1}$ corespunde unei deformații reziduale de 0,1 % şi limita convențională de plasticitate $R_{0,2}$ corespunde unei deformații reziduale de 0,2 %. Rezistența caracteristică R_{pk} este raportată la rezistența la rupere pentru

armăturile dinn SBP şi TBP şi la limita convențională de plasticiate pentrus armăturile din PC 90.

Caracteristicile geometrice, chimice, mecanice şi tehnologice ale armăturilor sunt date în normele STAS 6482/2-80 pentru SBP, STAS 6482/3-80 pentru SBPA şit STAS 6482/4-80 pentru TBP. Rezistențele caracteristice şi de calcul ale acestor armături, utilizate în proiectare, sunt date în tabelul de mai jos (după STAS 10107/0-90) :

Tabelul 2.1 – Rezistențe caracteristice şi de calcul ale armăturilor pentru beton precomprimat

Tipuri de armături		Diametru nominal (mm)	Rezistență caracteristică R_{pk} (MPa)	Rezistență de calcul R_p (MPa)
SBP	SBP I	1,5	2110	1690
		2	2010	1610
		2,5	1910	1530
		3	1860	1490
		3,7	1770	1420
		4	1720	1380
		5	1670	1340
		6	1620	1300
		7	1570	1260
	SBP II	1,5	1910	1530
		2	1860	1490
		2,5	1770	1420
		3	1670	1340
SBPA	SBPA I	5	1670	1340
		6	1620	1300
		7	1570	1260
	SBPA II	5	1520	1220
		6	1470	1180
		7	1470	1180
TBP		9	1760	1410
		12	1660	1330
PC 90		14...28	600	500

Rezistențele de calcul R_p se obțin plecând de la rezistențele caracteristice R_{pk} şi împărțindu-le pe acestea din urmă cu ceficientul parțial de siguranță γ_p :

$$R_p = \frac{R_{pk}}{\gamma_p} \qquad (2.2)$$

unde :

$\gamma_p = 1,25$ pentru SBP, SBPA, TBP ;
$\gamma_p = 1,20$ pentru PC 90.

Modulii de elasticitate pentru aceste armăturile sunt :

- bare PC 90 : $E_p = 210$ GPa ;

- sârme SBP et SBPA : E_p = 200 GPa ;
- toroane : E_p = 180 GPa ;

Deformația la rupere se consideră $\varepsilon_r = 3\%$.

În majoritatea țărilor europene se utilizează toroane constituite din sârme cu relaxare redusă. Cele mai utilizate sunt toaroanele T13S (A_p =100 mm^2, f_{pk} = 1860 MPa) şi T15S (A_p =150 mm^2, f_{pk} = 1770 MPa). În continuare sunt date careacteristicile unui toron T15S.

Tabelul 2.2 – Caracteristicile toroaneleor T15S (Freissinet)

Diametru nominal	mm	15,7
Secțiune	mm^2	150
Rezistența caracteristică f_{pk}	MPa	1770
Limita de curgere $f_{p0,1k}$	MPa	1520
Alungirea sub sarcină maximă ε_{uk}	%	≥ 3,5
Modul de elasticitate E_p	GPa	195
Relaxare	La 1000 ore, 20 ºC, 0,7f_{pk}	≤ 2,5 %
Coeficienți de frecare	Teci metalice:	φ = 0,18 Δφ = 0,005/m
	Teci PE sau PP:	φ = 0,14 Δφ = 0,007/m

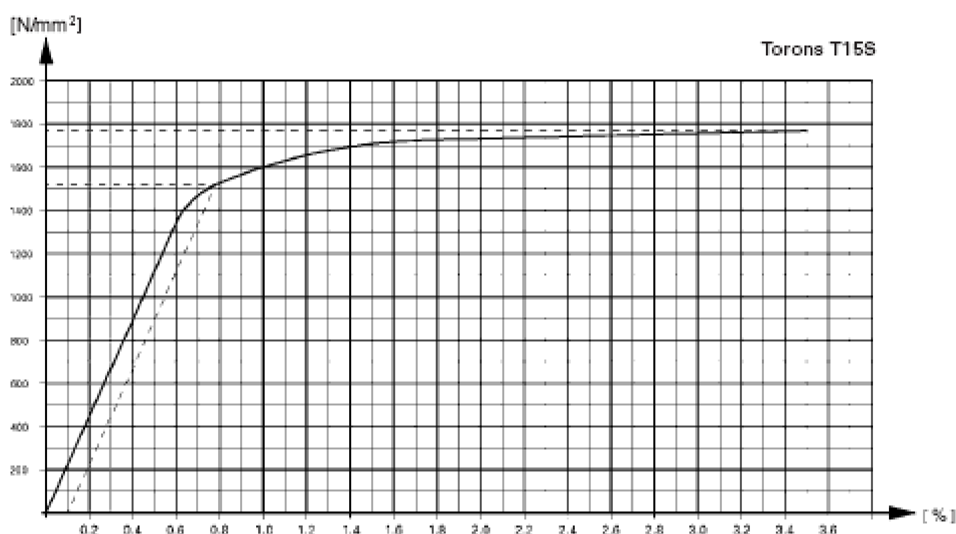


Figura 2.4 – Curba caracteristică pentru toroane T15S

2.3 Alte materiale

2.3.1 Tecile pentru armături postîntinse

La elementele cu armătură postîntinsă, armăturile sunt dispuse în goluri (canale) realizate în beton cu ajutorul unor teci.

Tecile sunt țevi de oțel, foi de tablă de 0,4 ou 0,6 mm grosime înfăşurate în spirală sau țevi din PVC sau alt material polimeric (polipropilenă, polietilenă de înaltă densitate).

Aceste teci trebuiesă răspundă următoarelor exigențe :

- Să fie suficent de flexibile ca să poată fi dată forma dorită traseului armăturii ;
- Să fie suficent de robuste pentru a-şi păstra forma în timpul instalării şi betonării ;

- Să fie etanşe astfel încât să împiedice infiltrarea laptelui de ciment în timpul betonării.

2.3.2 Mortarul de injecție

Pentru a proteja armaturile, golul care rămâne între cablu şi teacă este injectat cu un mortar de ciment (sau eventual cu un produs : ceară, unsoare).

Mortarul poate avea compoziția următoare :
- ciment portland de rezistență 55 MPa ;
- apă dozată la 35% până la 45% din greutatea cimentului (a/c = 0,35...0,45) ;
- plastifiant (eventual) ;
- nisip fin eventual (până la 25% din greutatea cimentului).

La extremitățile şi în punctele cele mai înalte ale canalului armăturii sunt prevăzute tuburi de injecție şi aerisire pentru a permite mortarului de injecție să elimine tot aerul conținut în canal. Presiunea de injecție a mortarului este de ordinula a 0,6…0,8 MPa la intrarea în canal.

2.4 Mecanisme de ancorare

După funcția lor distingem două catgorii de ancoraje :
- *ancorajele active* (mobile) care permit blocarea cablului la extremitatea de la care se face întinderea sa. Orice unitate de pretensionare comportă cel puțin un ancoraj activ ;
- *ancorajele fixe*, care impiedecă orice mişcare, față de beton, a extremității cablului opusă celei de la care se face întinderea. Ancorajele fixe pot fi exterioare, care rămân accesibile după betonare, sau ancoraje încorporate betonului structurii (care funcționează fie prin presiune, fie prin aderență).

Există de asemenea *cuple* (care permit realizarea continuității a două tronsoane de cables întinse in faze diferite – pentru structurile construite în mai multe etape) şi *dispozitive de înnădire* (care asigură racordarea a două tronsoane de armatură întinse simultan de la una sau/şi cealaltă din extremitățile libere).

Există mai multe societăți deținătoare de procedee de pretensionare, care au dezvoltat propriile lor sisteme. În continuare vor fi prezentate doar câteva tipuri reprezentative de ancoraje.

2.4.1 Ancoraje active

Sârmele şi toroanele pot fi blocate prin împănare (figurile 2.5 şi 2.6).

Figura 2.5 prezintă ancorajul inel-con (INCERC) utilisat pentru fascicule de sârme paralele : după intindere, sârmele sunt blocate în inel prin introducerea conului.

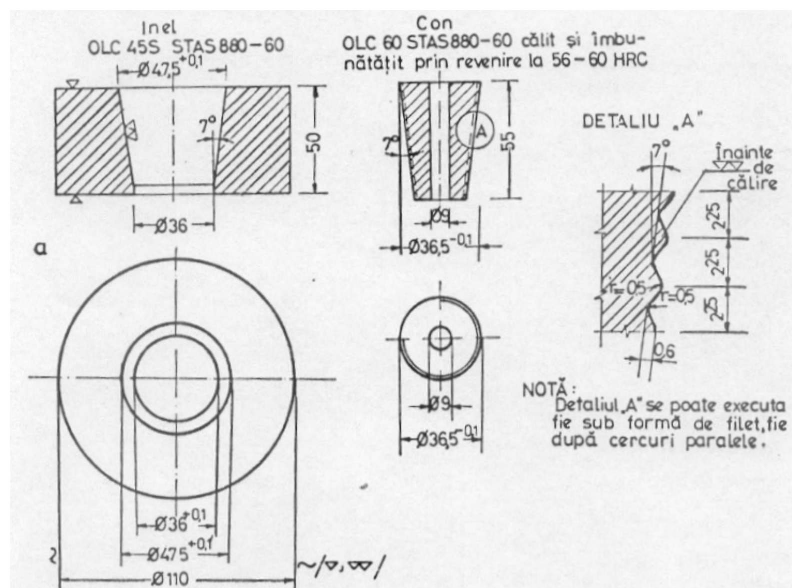


Figura 2.5 – Ancoraj inel - con (INCERC)

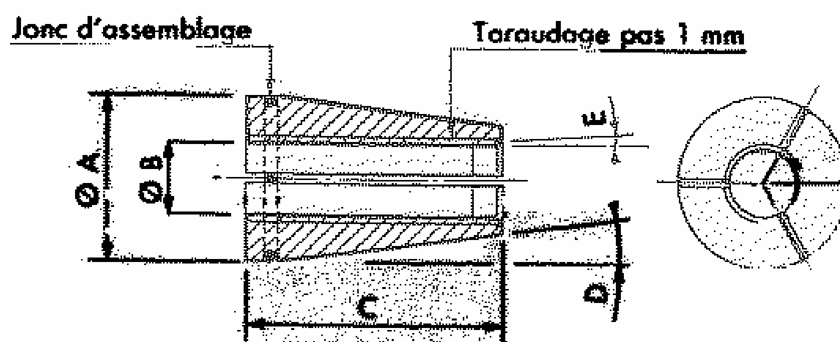


Figure 2.6 – Ancoraj cu pene (Freyssinet)

Procedeul Freyssinet utilizează o placă cu una sau mai multe găuri tronconice. După întindere, toroanele sunt blocate cu două sau trei pene metalice (figura 2.6).

Un alt procedeu este sistemul BBRV (figura 2.7) : ancorajele sunt prefabricate, fixate la extremitatea cablului înainte de întinderea sa. După întindere, ancorajul este blocat pe beton cu cale. Sârmele se sprijină, prin intermediul unor butoni forjaţi la rece, pe capul metalic al ancorajului, care este găurit. Acest cap de ancoraj este filetat la exterior, ceea ce permit însurubarea pe el a tijei presei hidraulice. Inconvenientul procedeului este că măreşte spaţiul necesar cu o lungime egală cu alungirea cablului la pretensionare (circa 7 mm/m). Acest inconvenient este evitat la ancorajul tip L, la care capetele ancorajului sunt situate într-o trompetă. În acest caz, cablurile sunt mai scurte la început decât elementula care trebuie precomprimat şi trebuie calculată cu precizie lungimea finală a cablului.

În cazul barelor, se prevede un filetaj la extremitatea barei şi aceasta poate fi blocată cu ajutorul unei piuliţe (procedeu Dywidag, figura 2.8).

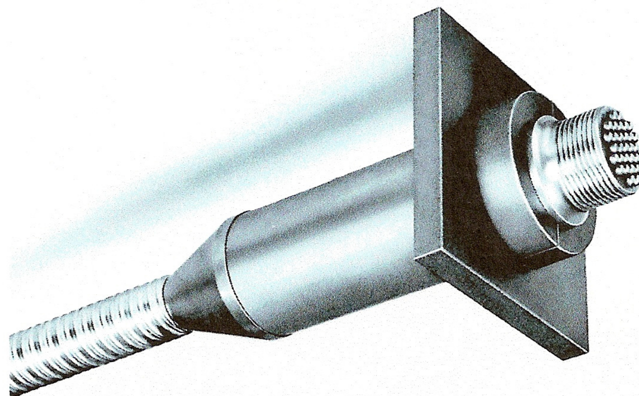


Figura 2.7 – Ancoraj BBRV tip L

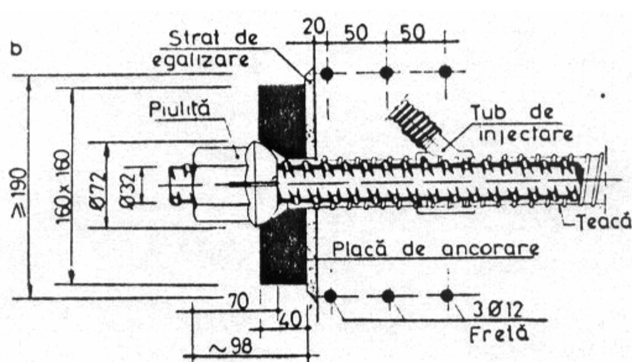


Figura 2.8 – Ancoraj cu piuliţă (Dywidag)

2.4.2 Ancorajele fixe

Dintre ancorajele fixe exterioare, cel mai cunoscut în România este cel cu dorn (figura 2.9) : armăturile fac o buclă 6in jurul unui dorn care se sprijină pe o placă metalică fixată pe beton.

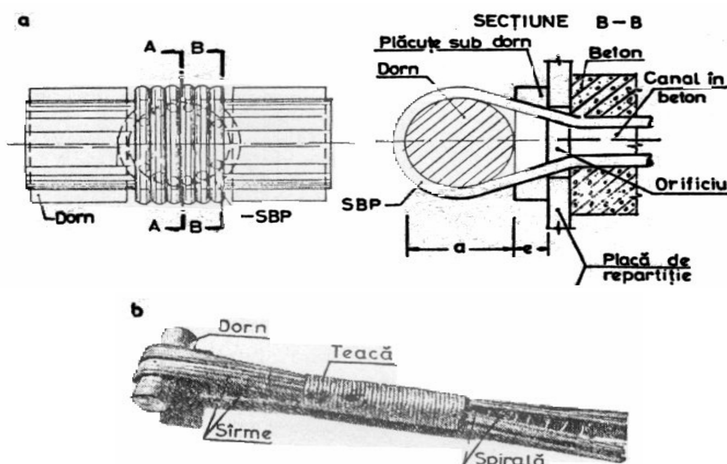


Figura 2.9 – Ancoraj fix cu dorn (INCERC)

Un sistem similar, înglobat în beton, este realizat făcând o buclă cu armăturile în jurul unei plăci curbe în contact direct cu betonul (figura 2.10).

În cazul ancorajelor prin aderență, sârmele depăşesc teaca pe o lungime suficentă pentru a asigura ancorajul prin aderență (figura 2.11). Pentru a diminua eforturile în beton, sârmele sunt desfăcute în evantai. Aderența este ameliorată dacă sârmele sunt ondulate sau curbate pentru a forma ciocuri.

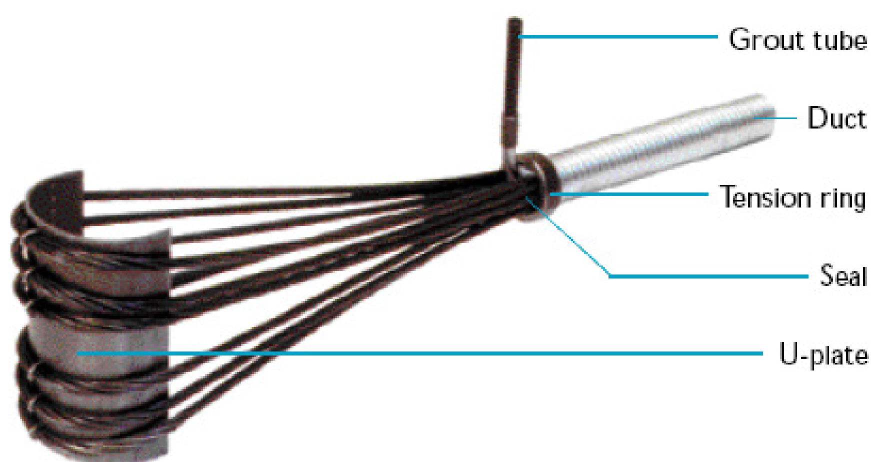


Figura 2.9 – Ancoraj prin presiune înglobat în beton (VSL tip U)

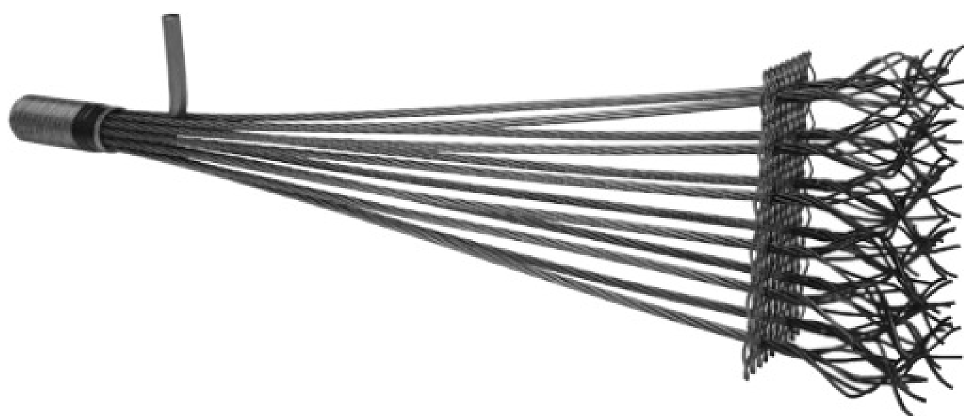


Figura 2.10 – Ancoraj prin aderență (Freyssinet)

2.5 Pretensionarea armăturilor

Pretensionarea cablurilor se face cu o presa hidraulică. Presa hidraulică este un mecanism constituit dintr-un cilindru şi un piston, delimitând o cameră la interior în care se poate injecta ulei, ceea ce face să se deplaseze cele două piese una față de cealaltă.

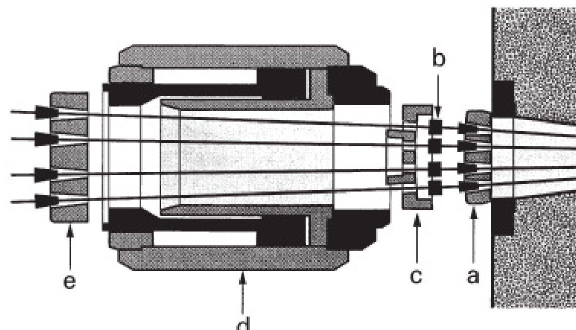
Cilindrul se sprijină pe beton, in timp ce cablul este fixat de piston, a cărui mişcare asigură tensionarea cablului.

În continuare se exemplifică funcționarea presei cu orificiu central.

1. Montarea presei

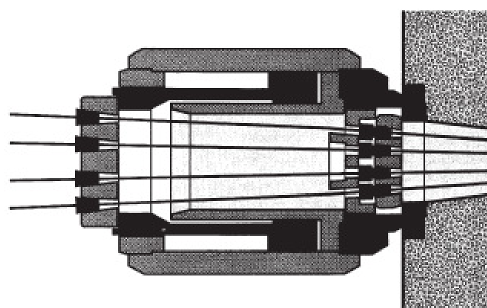
Ordinea de montare a presei şi accesoriilor sale :

a) Capul de ancorare cu pene
b) Resoarte
c) Coroana de blocaj
d) Corpul pompei
e) Blocul posterior cu penele auxiliare.



2. Pregătirea prentru tensionare

Se fixează toroanele pe blocul posterior cu penele auxiliare

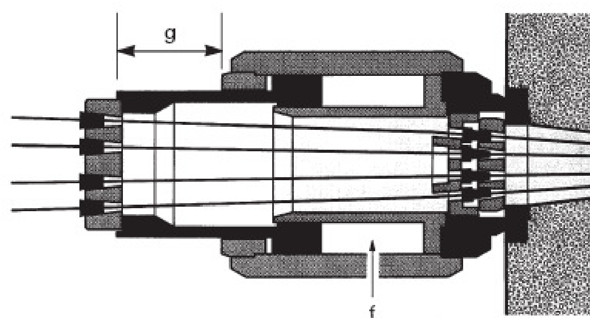


3. Tensionarea toroaneleor

Se pune supb presiune camerta presei (f) la presiunea corespunzătoare efortului dorit în cablu. De regulă, punerea sub presiune se face în trepte, la care se măsoară alungirea cablului. Resoartele asigură un blocaj uniform al penelor şi limitează pătrunderea lor.

Când alungirea cablului depăşeşte cursa (g) presei, trebuie procedat la una sau mai multe etape. Se procedează astfel :

- blocaj provizoriu al toroanelor pe capul de ancoraj (a)
- închiderea presei prin golirea uleiului din camera principală (f)
- prinderea din nou a toroanelor pe blocul posterior (e)
- reluarea tensionării.



4. Golirea şi demontarea presei

Se goleşte uleiul din camera presei şi se demontează accesoriile

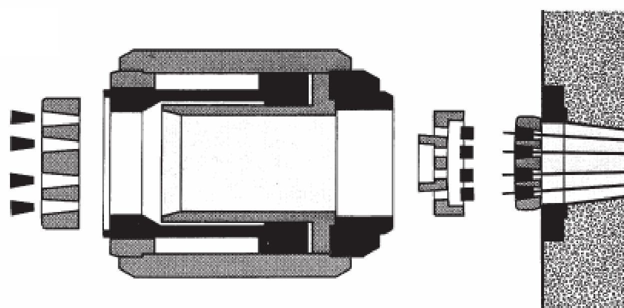


Figure 2.11 – Schema pretensionării unui cablu